

am 10.2.2003 anget.



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

# Offenlegungsschrift

10 DE 100 14 181 A 1

51 Int. Cl. 7:  
H 01 S 5/14  
H 01 S 5/065  
H 01 S 3/08  
H 01 S 5/026

21 Aktenzeichen: 100 14 181.1  
22 Anmeldetag: 23. 3. 2000  
43 Offenlegungstag: 11. 10. 2001

DE 100 14 181 A 1

71 Anmelder:  
Raab, Volker, Dr., 14469 Potsdam, DE; Menzel, Ralf,  
Prof. Dr., 14469 Potsdam, DE

72 Erfinder:  
gleich Anmelder

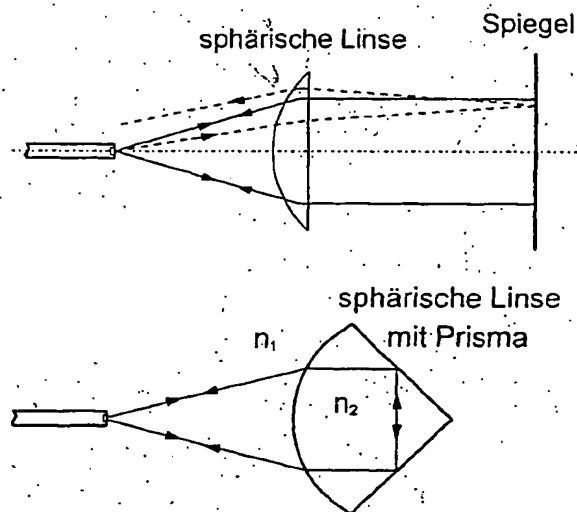
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Resonator für Laser und insbesondere Halbleiterlaser zur Generierung beliebiger Emissions-Winkelverteilungen

57 Um das Modenbild von Lasern und insbesondere Halbleiterlasern gezielt zu beeinflussen, ohne notwendiger Weise Modenblenden oder sonstige Aperturen in den Resonator einfügen zu müssen, können spezielle Anordnungen des Resonators gewählt werden. Eine Einschränkung der selektierten Emissions-Winkelbereiche erfolgt dabei durch Abweichungen der Abbildungseigenschaften des Resonators längs dieser Emissions-Richtungen vom Idealverhalten einer paraxialen Linse.

Im einfachsten Fall genügt es, die sphärischen Aberrationen von Standard-Linsen, also die Variation der Brennweite mit dem Abstand von der optischen Achse, zur Selektion einer Doppelemission unter einstellbarem Winkel zu nutzen (vgl. Abbildung).

Bei Verwendung eines Planspiegels erhält man so, zwei Lichtstrahlen sehr hoher Parallelität. Vorteilhaft ist die geringe Zahl an Teilen, was Kosten und Justageaufwand minimiert.



BEST AVAILABLE COPY

DE 100 14 181 A 1

## Stand der Technik, Problemstellung

[0001] Bei den meisten Lasern (Halbleiterlaser, Festkörperlaser, Gaslaser, Farbstofflaser) geschieht die Emission von Licht nicht in einzelne wohldefinierte Winkelbereiche (Einzelmodes), sondern in viele sich überlappende, möglicherweise sogar zeitlich schwankende, Bereiche (Multimoden-Betrieb). Eine Einschränkung des emittierten Lichts auf die erwünschten Richtungen wird in der Regel unter Leistungsverlust durch (Resonator-interne oder -externe) Blenden erreicht.

[0002] Besonders stark ausgeprägt ist die breite Emission bei Halbleiterlasern. Der Einsatz von Halbleiterlasern bietet eine Reihe von technischen Vorteilen gegenüber anderen Arten von Lasern, so besitzen sie geringe Baugröße, niedrige Betriebsspannungen und -Ströme, hohe Wirkungsgrade, die Möglichkeit, die Wellenlänge in weiten Bereichen festzulegen sowie die preiswerte Herstellbarkeit in großen Stückzahlen mit etablierten Techniken der Halbleiterindustrie. Da aber die Lichtabstrahlung in Winkelbereiche geschieht, die ein vielfaches größer sind als durch die physikalische Grenze der Beugung möglich sein sollte, ergeben sich große Einbußen in der maximal erreichbaren Leistungsdichte. Eine genaue Vorgabe des emittierten Winkelspektrums ist nicht gewährleistet.

[0003] Es ist das Ziel der Erfindung, mit geringem Aufwand und hoher Selektivität Laserresonatoren mit frei wählbaren Winkelspektren aufbauen zu können, ohne daß innerhalb oder außerhalb des Resonators Teile der Emission durch Blenden oder andere Aperturen an der Rückkehr in das aktive Material und der Teilnahme am Rückkopplungsprozess gehindert werden müssen.

## Lösung

[0004] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß an den aktiven Laserbereich (das verstärkende Medium) ein (externer) Resonator angeschlossen wird. Die Kombination aus brechenden und reflektierenden Flächen des Resonators ist dabei so auszuwählen oder zu gestalten, daß sie das Licht der erwünschten Emissionsrichtungen (und deren unmittelbaren Umgebungen) derart ablenkt, daß es nach Reflexion nur in sich selbst oder die übrigen erwünschten Emissionsrichtungen zurückkehrt. Der Winkelbereich um die erwünschten Richtungen, für den eine Rückkehr in das aktive Lasermaterial möglich ist, wird dabei durch die Abbildungseigenschaften der beteiligten Flächen begrenzt, ohne daß zusätzliche Blenden oder sonstige Aperturen nötig sind. Die im Falle herkömmlicher abbildender Systeme nachteilige begrenzte Abbildungstreue aufgrund der Aberrationen des optischen Systems wird hier gezielt als selektiver Effekt eingesetzt. Im Gegensatz zu herkömmlichen Resonatordesigns wird also die Abbildungseigenschaft des Resonators in der Umgebung der erwünschten Emissionsrichtungen als nicht-ideal vorausgesetzt. Die begrenzte Abbildungsgüte wird ausdrücklich zur Einengung des Winkelbereichs benutzt. In für die Praxis wichtigen Sonderfällen lassen sich sphärische Standardlinsen so positionieren, daß ihre sphärischen Aberrationen zur Modenselektion führen. Zur Erzeugung beliebiger Moden ist ein spezielles Design nötig.

## Beschreibung von Ausführungsbeispielen

[0005] Die Erfindung soll nachstehend anhand der schematischen Zeichnungen näher erläutert werden. (Nicht dar-

(a) Licht, das aus dem verstärkenden Bereich des Lasers in den mittleren Bereich des Spiegels von Abb. 1 emittiert wird (durchgezogene Linien), wird von dort jeweils in sich selbst reflektiert und kehrt damit in den verstärkenden Bereich zurück. Licht, das unter großen Winkeln emittiert wird (gestrichelte Linien), wird vom Spiegel nicht mehr zum verstärkenden Bereich zurückgeworfen.

(b) Da die Brennweite einer sphärischen Linse vom Zentrum nach außen hin abnimmt, läßt sich eine solche Linse in Kombination mit beispielsweise einem Planspiegel (Abb. 2) oder einem Prisma (Abb. 3) winkelselektiv einsetzen, indem das verstärkende Medium, z. B. ein Gain-Guided Halbleiter-Laser, in einem geeigneten Abstand platziert wird. Nur diejenigen Emissionen, die den Laser unter einem passenden Winkel verlassen, können in den Laser zurückkehren. Andere Emissionen erfahren eine zu große oder zu geringe Ablenkung durch die Linse, so daß sie dem Rückkopplungsprozess verloren gehen.

## Erreichte Vorteile

[0006] Durch das vorgestellte Resonatorkonzept lassen sich beliebige Winkelcharakteristiken (innerhalb der physikalisch bedingten Grenze der Beugung) für die Lasertätigkeit realisieren. Insbesondere bei Halbleiterlasern, deren Abstrahlcharakteristik nur geringe Leistungsdichten ermöglicht, ist eine deutliche Verbesserung der Strahlqualität und somit eine Erhöhung der Leistungsdichte erreichbar.

[0007] Durch den Verzicht auf Blenden lassen sich Leistungsverluste reduzieren. Gegebenenfalls kann das Pumpvolumen vergrößert werden, was zu einer höheren Gesamtleistung führt. Beugungserscheinungen werden reduziert, da auf scharfe Begrenzungskanten verzichtet werden kann.

[0008] Im günstigsten Fall kommt der Resonator mit einer einzigen geeignet geformten reflektierenden Fläche aus, um selbst komplizierte Modenbilder zu realisieren. Der entsprechende Justageaufwand für den Laserbetrieb reduziert sich damit auf sehr wenige Baugruppen, was vergleichsweise einfach, mechanisch stabil und kostengünstig ist.

## Patentansprüche

1. Laser-Resonator **gekennzeichnet** dadurch daß die Winkelbereiche um die gewünschte(n) Emissionsrichtung(en) aufgrund der Abbildungseigenschaften, also der lokalen Nicht-Idealität des optischen Systems, begrenzt werden.
2. Anordnung gemäß (1), in dem mindestens eine Emissionsrichtung nicht entlang der optischen Achse des aktiven Materials verläuft.
3. Anordnung gemäß (1 oder 2), in dem mindestens eine Emission nicht entlang der Symmetrieachse des Resonators verläuft.
4. Anordnung gemäß (1 oder 2 oder 3) mit mindestens zwei verschiedenen Emissionsrichtungen.
5. Anordnung gemäß (1 oder 2 oder 3 oder 4) ohne Einsatz von Blenden oder Aperturen.
6. Anordnung gemäß (1 oder 2 oder 3 oder 4 oder 5), in dem die einstellbare Winkelselektion durch die sphärischen Aberrationen einer Linse oder eines Spiegels oder eines Linse-Spiegel-Hybrids erfolgt, indem der Abstand Lasermaterial zu Linse/Spiegel variiert wird und so der Umstand genutzt wird, daß die Brennweite einer sphärischen Linse/Spiegels mit zunehmendem

Abstand von der optischen Linse abnimmt.

7. Anordnung gemäß (6) mit unterschiedlichen Reflektivitäten in den verschiedenen Rückkopplungszweigen (Emissionsrichtungen), um die Leistungsverteilung asymmetrisch zu gestalten.

8. Anordnung gemäß (6 oder 7) zur Erzeugung von zwei Laserstrahlen aus einem Halbleiterlaser.

9. Anordnung gemäß (6 oder 7) zur Erzeugung von zwei Laserstrahlen hoher Parallelität.

10. Anordnung gemäß (6) unter Einsatz von mehreren reflektierenden Flächen (z. B. Prisma) zur Kopplung der verschiedenen Emissionsrichtungen.

11. Anordnung gemäß (6 oder 7 oder 8 oder 9 oder 10) für Halbleiterlaser.

12. Anordnung gemäß (11) unter Anpassung der Emissionsrichtungen an die Beugungsordnungen von Gain-Guided Halbleiterlasern.

13. Anordnung gemäß (1 oder 2 oder 3 oder 4 oder 5), in dem die einzelnen erwünschten Winkelbereiche durch jeweils eine eigene Linse gewählt werden.

14. Anordnung gemäß (13), in dem mehrere Linsen aus einem gemeinsamen Substrat gefertigt werden (Linsenarray, Mikrolinsenarray).

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

25

30

35

40

45

50

55

60

65

## speziell geformter Spiegel

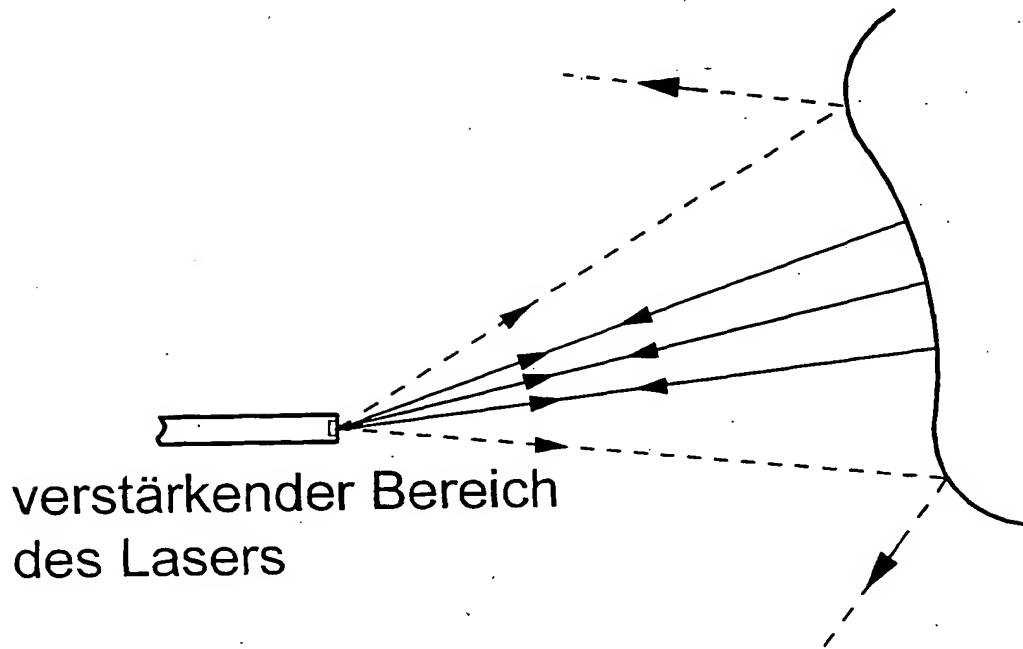


Abbildung 1

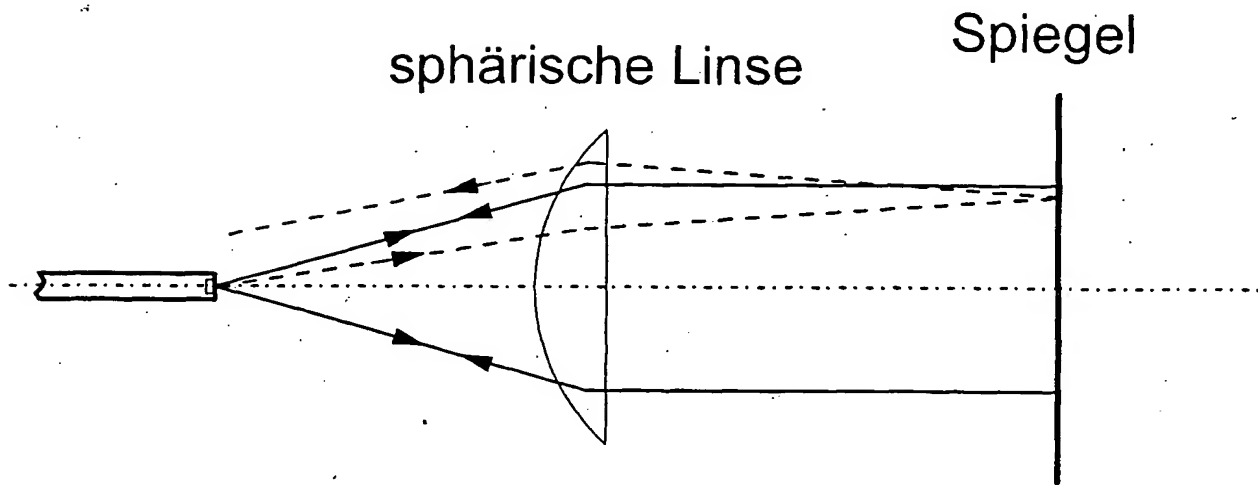


Abbildung 2

# sphärische Linse mit Prisma

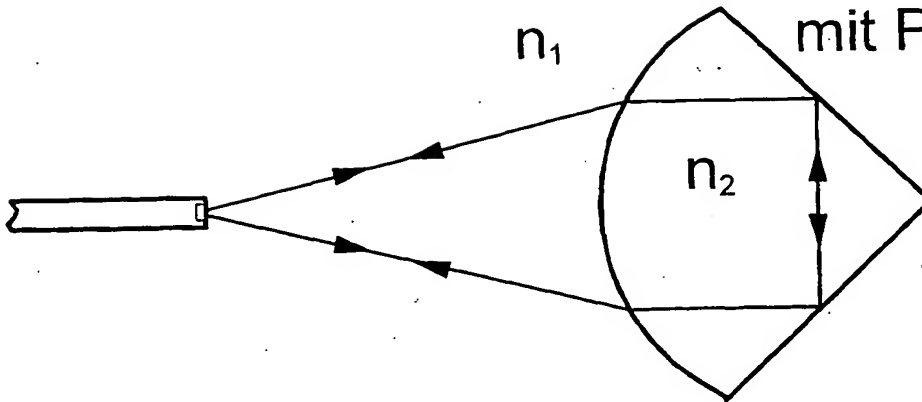


Abbildung 3

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**